



TUGAS AKHIR - TM141585

ANALISA PENGARUH KOMPOSIT *EPOXY-HOLLOW GLASS MICROSPHERES* PADA MATERIAL LUAR HELM DALAM MEREDUKSI ENERGI *IMPACT* DENGAN VARIASI KETEBALAN

MOHAMAD GALANG PERKASA.
NRP 2110 100 100

Dosen Pembimbing
Dr. Eng. Sutikno, ST., MT

JURUSAN TEKNIK MESIN
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2016



FINAL PROJECT - TM141585

**THE EFFECT ANALYSIS OF EPOXY-HOLLOW GLASS
MICROSPHERES COMPOSITES TO THE EXTERNAL
HELMET MATERIAL IN PRODUCING IMPACT ENERGIES
WITH VARIATION THICKNESS**

MOHAMAD GALANG PERKASA.
NRP 2110 100 000

Advisor
Dr. Eng. Sutikno, ST., MT

MECHANICAL ENGINEERING DEPARTEMENT
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2016

**ANALISA PENGARUH KOMPOSIT EPOXY-HOLLOW GLASS
MICROSPHERES PADA MATERIAL LUAR HELM DALAM
MEREDUKSI ENERGI IMPACT DENGAN VARIASI KETEBALAN**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Pada Bidang Studi Metalurgi Program
Studi S-1 Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

MOHAMMAD GALANG PERKASA

NRP . 2110100100

Disetujui Oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Dr. Eng. Sutikno, ST., MT (Pembimbing)
(NIP . 197407032000031001)
2. Prof. Dr. Ir. Wajan Berata, DEA (Penguji I)
(NIP . 195012111985021001)
3. IndraSidharta, ST.M.Sc (Penguji II)
(NIP . 198006192006041004)
4. Wahyu Wijanarjo, ST.M.Sc (Penguji III)
(NIP . 198202092012121001)

**SURABAYA
JANUARI, 2016**

**Analisa Pengaruh Komposit *Epoxy-Hollow Glass Microspheres*
Pada Material Luar Helm Dalam Mereduksi Energi *Impact*
Dengan Variasi Ketebalan.**

Nama Mahasiswa : M. Galang Perkasa
NRP : 2110 100 100
Jurusan : Teknik Mesin
Dosen Pembimbing : Dr. Eng. Sutikno, ST., MT.

Abstrak

Komposit merupakan material yang terbuat dari dua atau lebih material yang berbeda. Tujuan dari penggunaan komposit adalah untuk mendapatkan sifat mekanik yang lebih baik dibandingkan material penyusunnya. Pada penelitian kali ini, digunakan komposit partikel yang tersusun dari matrix epoxy dan penguat berupa Hollow Glass Microsphere (HGM). Helm berfungsi sebagai penghalang agar energi impact yang berasal dari tumbukan akibat kecelakaan sepeda motor tidak melukai kepala penggunanya. Pembuatan helm yang ringan dan dapat menyerap energi impact dengan baik sangat diharapkan, hal ini untuk menunjang mobilitas dan keselamatan penggunanya.

Penelitian kali ini akan dilakukan pengujian helm yang terbuat dari komposit matrix 84% epoxy – 16% HGM dengan mensimulasikannya ke dalam software finite element. Dilakukan pembuatan model helm open face dengan tebal awal 4 mm, diameter 87,57 mm, tinggi 114 mm dan foam dengan ketebalan 20 mm. Membuat model alat pengujian penetrasi dan pengujian penyerapan kejut berupa paku pemukul dengan berat 3 kg, pola kepala uji sebagai tempat helm, pemberat helm dengan berat 5 kg dan landasan jatuh. Pengujian dilakukan sesuai dengan SNI 1811-2007 (Standart Nasional Indonesia), dimana paku pemukul di jatuhkan bebas dari ketinggian 1,6 m ke helm yang terikat di pola kepala uji untuk uji penetrasi dan untuk uji penyerapan kejut helm di jatuhkan bebas ke anvil yang berbentuk setengah bola. Untuk pelaksanaan simulasi pada uji penetrasi paku di tempelkan ke helm yang terikat pada pola kepala uji dan diberi kecepatan sebesar 5,6 m/s, untuk uji

penyerapan kejut helm di tempelkan ke landasan dan pemberat helm di beri kecepatan sebesar 5,6 m/s.

Pada hasil simulasi didapatkan bahwa helm dengan ketebalan 8 mm sudah mampu memenuhi standart pada SNI 1811-2007 menyatakan bahwa sungkup helm tidak boleh tembus untuk uji penetrasi dan untuk penyerapan kejut gaya yang diteruskan oleh helm tidak boleh lebih dari 2000 kgf. Pada helm dengan tebal 8 mm tegangan maksimal 0,74105, deformasi pada sungkup $8,828 \times 10^{-4}$ dan gaya yang diteruskan oleh helm sebesar 460 kgf.

Kata kunci : Helm, Komposit HGM dan energy impact

The Effect Analysis Of Epoxy-Hollow Glass Microspheres Composite To The External Helmet Material In Producing Impact Energies With Variation Thickness

Name : Mohamad Galang Perkasa
Student ID : 2110100100
Departement : Mechanical Engineering – ITS
Advisor Lecturer : Dr. Eng. Sutikno, ST., MT.

Abstract

Composite is made from two or more different materials. The aim of composite is to obtain better mechanical properties than its constituent materials. This research uses composite particles that which is constituted of the matrix epoxy and amplifier of a Hollow Glass Microsphere (HGM). A helmet serves as a barrier of the impact energies derived from the collision of the motorcycle accident, so that not injure the user's head. Hence, it is expected to make a helmet that lightweight and can absorb impact energies well to ensure user's mobility and safety.

This study is conducted by testing the helmet that made from 84% epoxy of matrix composite - 16% HGM by stimulates in to the finite element software. The test is started by making an open face helmet with the initial thickness is 4 mm, the diameter is 87.57 mm, the high is 144 mm and the foam is 20 mm of thickness. In addition, the researcher made an instrument to test the penetration and the absorption of the shock hitter with the weight is 3 kg, a head model for the helmet testing, a ballast helmet with 5 kg of weight, and an anvil fall. The test is done according to SNI 1811-2007 (Standart Nasional Indonesia). A nail hitter is dropped from 1,6 m height to the helmet which is tighten in the model for penetration test and shock absorption test, the helmet is dropped free to the hemispherical anvil. The simulation of penetration test is a nail that nailed to the helmet used by the model with 5.6 m/s speed,

and for the shock absorption test, the helmet being placed to the ground with 5.6 m/s speed of ballast.

The result shows that helmet with 8 mm of thickness, 0,74105 Mpa of maximum tension, $8,828 \times 10^{-4}$ mm of containment deformation, and 460 kgf of helmet energy distribution is able to meet the standard of SNI 1811-2007 that the helmet-containment should not be translucent to penetration testing, and so, shock absorption of an energy that are passed on by a helmet must not over than 2000 kgf .

Key word : Helmet, HGM composite, and impact energy.

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan Syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan rahmat, karunia, petunjuk dan pertolongan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul

“Analisa Pengaruh Komposit *Epoxy-Hollow Glass Microspheres* Pada Material Luar Helm Dalam Mereduksi Energi *Impact* Dengan Variasi Ketebalan”

Tugas akhir ini disusun untuk melengkapi sebagian syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Pada kesempatan ini penulis bermaksud untuk mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Bapak **Ir. Nasri Dawo** dan Ibu **Endang Purnomowati** serta kakak saya **Mohamad Yuliardha Eka Putra, ST** dan adik saya **Dea Giovanni Raissa**. Untuk segala doa restu, pengorbanan, dan motivasi yang tidak pernah bosan dan habis kepada penulis.
2. **Dr. Eng Sutikno, ST., MT.**, selaku dosen pembimbing tugas akhir ini. Terima kasih untuk semua waktu, kritik, saran, dan motivasi yang diberikan ditengah – tengah kesibukan bapak, tanpa itu semua sampai sekarang penulis tidak akan dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
3. **Prof. Dr. Ir. Wajan Berata, DEA, Indra Sidharta, ST., MSc., Wahyu Wijanarko, ST, MSc.**, selaku dosen penguji tugas akhir. Terima kasih atas nasehat-nasehatnya.

4. **Ir. Sudijono Kromodihardjo, M.Sc.pH.D**, selaku dosen wali yang telah memberikan arahan dan bimbingan untuk mengambil mata kuliah selama awal perkuliahan sampai akhirnya penulis dapat menyelesaikan kuliah jenjang S-1.
5. Untuk **Refki M54, Chandra M54, Bustan M51, Dewor M54, Iqo M53, Opik M54, Brahmanda M54, Billy M54, Rafi M53, Fadli M54, Ajik M54, Esthi M54, Yordi M53 dan Syifaul M54**, teman seperjuangan tugas akhir atas motivasi, semangat, bantuan, dan kerja sama dalam susah dan senang.
6. Untuk **Pam2 M53, Bobo M53, Danan M53 dan Aufar M53** yang telah menemani dalam kegupuhan, dalam kebingungan, yang ada di saat senang dan bahagia. Yang sudah mendengarkan keluh kesah penulis. Semangat, nasihat dan motivasinya.
7. Untuk **Nanda Tito M53, Budita M53, Tiyok M51, Becong M51, Bimok M51, Made M51, dan Manager M51** yang telah memotivasi penulis untuk menyelesaikan tugas akhir, walaupun sudah menjadi alumni Teknik Mesin.
8. Untuk **Tiyok M51** yang telah meminjamkan super computer dalam menyelesaikan *running*, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir.
9. **Nava M53** yang telah menjadi teman belajar di setiap mata kuliah teknik mesin.
10. Kepada adek – adek lab metalurgi **Selvi M55, Icak M55, Sony M55, Amri M55 dan Tasa M55** untuk selalu memberi semangat kepada senior lab metalurgi untuk menyelesaikan tugas akhir.
11. Keluarga besar **M53 dan Semua Ormawa yang ada di Teknik Mesin** atas semua ilmu yang di berikan.
12. Kepada keluarga **LLMF** yang selalu memberi motivasi dan semangat untuk penulis dalam menyelesaikan gelas S-1.

13. Untuk **Aisyah Wida Sari** yang selalu memberi kata – kata mutiara untuk membangkitkan semangat dalam menyelesaikan gelar S-1 di Teknik Mesin ITS.

14. Untuk pihak-pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, terima kasih atas saran, doa, dan semangatnya.

Penulis sadar bahwa penulisan tugas akhir ini memiliki banyak kekurangan, untuk itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi perbaikan dan kesempurnaan tugas akhir ini. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi semua.

Surabaya, Januari 2016

Penulis

DAFTAR ISI

Lembar pengesahan.....	v
Abstrak	vii
Abstract	ix
Kata pengantar.....	xi
Daftar isi	xv
Daftar gambar.....	xvii
Daftar table.....	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Perumusan masalah	2
1.3 Tujuan penelitian	3
1.4 Manfaat penelitian	3
1.5 Batasan masalah.....	3
1.6 Metode penulisan.....	4
BAB II DASAR TEORI.....	5
2.1 Tinjauan pustaka	5
2.2 Komposit	8
2.3 Polimer	12
2.4 <i>Epoxy resin</i>	13
2.5 <i>Hollow glass microspheres</i>	14
2.6 Helm.....	15
BAB III METODOLOGI PERCOBAAN	17
3.1 Diagram alir penelitian.....	17
3.2 Properties material.....	17
3.3 Standart pengujian.....	18
3.4 Pembuatan model helm dan alat pengujian	19
3.5 Pengkondisian model uji penetrasi.....	21
3.6 Pengkondisian model uji penyerapan kejut.....	23
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN.....	27
4.1 Hasil data.....	27
4.2 Analisa data dan pembahasan pengujian penetrasi	30

4.2.1 Energi paku pemukul	30
4.2.2 Energi kinetik pada helm open face	31
4.2.3 Energi internal pada helm open face	32
4.2.4 Energi panas yang timbul pada helm open face	33
4.2.5 Penyerapan energi kinetik paku pemukul oleh helm Open face	35
4.2.6 Analisa deformasi helm open face	36
4.2.7 Analisa tegangan helm open face	37
4.3 Analisa dan data pengujian penyerapan kejut	38
4.3.1 Tegangan pada sungkup helm open face	38
4.3.2 Deformasi pada sungkup helm open face	39
4.3.3 Gaya yang diteruskan oleh helm open face	40
4.3.4 Energi internal pada helm open face	41
4.3.5 Penyerapan energi pemberat dan berat helm oleh Helm Open face	42
BAB V KESIMPULAN	45
5.1 Kesimpulan	45
5.2 Saran	46
DAFTAR PUSTAKA	47
BIOGRAFI PENULIS	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1: a) Hasil uji <i>impact</i> $h=0$, b) Gaya <i>impact</i> untuk anvil plat datar.....	5
Gambar 2.2: Hasil pengujian <i>impact</i> jatuh bebas dengan anvil plat miring	6
Gambar 2.3: a) Data hasil pengujian <i>impact</i> jatuh bebas dengan anvil jenis peluru, b) Data hasil pengujian <i>impact</i> jatuh bebas anvil setengah bola	7
Gambar 2.4 Klasifikasi komposit.....	8
Gambar 2.5 Komposit PRC.....	10
Gambar 2.6 Komposit FRC.....	10
Gambar 2.7 Komposit LRC.....	11
Gambar 2.8 Komposit hibrida	12
Gambar 2.9 Hollow glass microspheres	14
Gambar 2.10: a) Helm full face, b) Helm open face, c) Helm open half face	16
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian	17
Gambar 3.2: a) Terminologi pengujian penetrasi, b) Pengujian penyerapan kejut	19
Gambar 3.3: a) Model 3 dimensi helm open face, b) Model 2 dimensi helm open face	19
Gambar 3.4 Model alat pengujian penetrasi.....	20
Gambar 3.5 Model alat pengujian penyerapan kejut.....	20
Gambar 3.6 Pemilihan material untuk uji penetrasi	21
Gambar 3.7 Pemilihan meshing untuk uji penetrasi.....	22
Gambar 3.8 Pemberian beban berupa kecepatan untuk uji Penetrasi.....	22
Gambar 3.9 Pemberian <i>fixed support</i> untuk uji penetrasi	23
Gambar 3.10 Pemilihan material untuk pengujian penyerapan Kejut	23

Gambar 3.11 Pemilihan meshing untuk pengujian penyerapan Kejut.....	24
Gambar 3.12 Pemberian beban kecepatan untuk pengujian penyerapan kejut.....	24
Gambar 3.13 Pemberian <i>fixed support</i> untuk pengujian penyerapan kejut.....	25
Gambar 4.1 Grafik penurunan kecepatan kecepatan paku Pemukul.....	30
Gambar 4.2 Grafik penurunan energi kinetic pada helm open Face	31
Gambar 4.3 Grafik peningkatan energi internal pada helm open Face	32
Gambar 4.4 Grafik peningkatan temperature yang terjadi pada helm open face	33
Gambar 4.5 Grafik energi panas yang terjadi pada helm open Face	34
Gambar 4.6 Grafik perbandingan energi pada helm dan paku pemukul	35
Gambar 4.7 Grafik penurunan deformasi pada helm open face	36
Gambar 4.8 Grafik penurunan tegangan pada helm open face.....	37
Gambar 4.9 Grafik tegangan yang terjadi pada sungkup	38
Gambar 4.10 Grafik deformasi yang terjadi pada sungkup.....	39
Gambar 4.11 Grafik gaya yang diteruskan oleh helm open face....	40
Gambar 4.12 Grafik penurunan energi internal pada helm open Face	41
Gambar 4.13 Grafik total energi pada pengujian penyerapan Kejut.....	42

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Properties <i>epoxy</i>	13
Tabel 2.2 Mechanical properties <i>Hollow Glass Microspheres</i>	15
Tabel 3.1 Standart pengujian Standart Nasional Indonesia.....	18
Tabel 4.1 Spesifikasi helm	27
Tabel 4.2 Energi yang dimiliki paku pemukul dan helm untuk pengujian penetrasi	27
Tabel 4.3 Energi yang dimiliki helm dan pemberat untuk pengujian penyerapan kejut	28
Tabel 4.4 Deformasi, tegangan pada simulasi penetrasi dan kejut..	29

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Krisis energi adalah salah satu isu yang sering menjadi pembicaraan dalam negeri maupun luar negeri, di tambah dengan teknologi yang berkembang pesat seiring bertambahnya waktu. Hal ini mengakibatkan semakin banyak kebutuhan yang menggunakan alternatif energi dengan demikian menjadi tidak seimbang dengan energi yang tersedia saat ini. Semakin terkuras habis sumber energy saat ini menjadi ancaman sekaligus tantangan bagi seluruh masyarakat di dunia. Dalam dunia industri, ilmu logam sangat penting dalam segala aspek. Seperti aspek penggunaan material yang sesuai biaya, faktor keamanan, kemudahan merawat dan efisiensi.

Di dalam dunia industry otomotif, penerbangan dan perkapalan menanggapi isu global tentang krisis energy sebagai tantangan, maka dari itu banyak mesin yang di ciptakan dengan efisiensi tinggi dengan material yang ringan. Salah satu yang perlu di kembangkan adalah body dari material ringan. Dengan mengurangi berat kendaran maka semakin rendah konsumsi energinya, sehingga mampu memberikan kontribusi terhadap isu krisis energy yang sedang di hadapi di seluruh dunia.

Salah satu material yang di gunakan dalam memproduksi pembuatan helm pada bagian luarnya yang ringan adalah material polimer komposit. Keunggulan dari material ini adalah *strength to weight ratio* yang tinggi dibanding dengan material logam. Selain mempertimbangkan sifat fisik berupa berat jenis yang rendah, maka sifat mekanik material polimer komposit perlu juga di pertimbangkan karena terkait keamanan dari pengguna helm tersebut. Agar mampu melindungi pengguna dari beban yang bekerja pada bagian luar helm kendaraan akibat tabrakan atau kecelakaan lainnya, maka sifat mekanik seperti ketangguhan retak (*fracture toughness*), kekuatan tekan (*compressive strenght*), kekuatan tarik (*kekuatan tarik*), ketahanan beban kejut (*impact resitance*) juga harus di

pertimbangkan dalam proses produksi atau pemilihan material guna membuat helm bagian luar.

Helm adalah system perlindungan kepala pengendara sepeda motor saat mengalami benturan akibat kecelakaan. Helm yang baik adalah helmet yang nyaman dan biasanya helm semacam ini lulus persyaratan SNI (Standar Nasional Indonesia), DOT (Departement of Transportation) atau standar transportasi Amerika Serikat atau standar lain seperti untuk Standar Eropa dan Jepang. Helm yang aman adalah helm yang terbuat dari lapisan cangkang luar yang membungkus seluruh kepala dan menyisakan cukup ruang untuk melihat kedepan, tebal dan anti benturan. Pada kasus di lapangan sering terjadi kecelakaan diakibatkan oleh kelalaian seorang pengendara dan ada juga yang diakibatkan penggunaan helm pengaman yang tidak memenuhi ketentuan. Kurangnya minat memakai helm disebabkan oleh helm yang digunakan terasa tidak nyaman, dimana hal itu disebabkan oleh beberapa faktor salah satunya adalah helm terasa berat sehingga menyebabkan leher menjadi pegal, yang di tulis pada jurnal unnoname Universitas Sumatera Utara [1].

Belum banyak penelitian yang membahas helm pada bagian luarnya dengan material epoxy resin adhesive dengan penambahan *Hollow Glass Microsphere* (HGM). Pada penelitian sebelumnya bagian luar helm menggunakan material fiber glass dengan penambahan epoxy resin adhesive di karenakan biaya produksinya yang rendah.

Supaya berkontribusi dalam pembuatan helm bagian luar yang ringan dan aman terhadap beban kejut maupun beban statis, maka di perlukan penelitian lebih lanjut untuk memahami hubungan *epoxy resin adhesive* dengan akibat penambahan *Hollow Glass Microsphere* (HGM) pada bagian luar helm.

1.2 Perumusan masalah

Komposit partikel yang terbuat dari *Hollow Glass Microsphere* (HGM) dan *epoxy*, HGM merupakan material yang terbuat dari kaca dengan densitas sebesar 600 kg/m^3 . Pada

penelitian yang dilakukan oleh Fachmi Yuni A [2] telah dibuktikan bahwa dengan penambahan HGM dapat menurunkan densitas komposit partikel. Dan dari penelitian tersebut diketahui bahwa dengan presentase 15-20% komposit partikel tersebut memiliki kekuatan tekan yang tinggi.

Dalam penelitian kali ini akan mengevaluasi kemampuan komposit yang terbuat dari 16% HGM dan *epoxy* dalam menyerap energy *impact* untuk aplikasi desain helm.

1.3 Tujuan penelitian

Helmet merupakan komponen yang berfungsi menyerap energi saat terjadi kecelakaan kecepatan rendah atau kecepatan tinggi. Penggunaan helmet ketika berkendara akan melindungi pengendara namun meningkatkan berat helmet itu sendiri sehingga bisa mempengaruhi kesehatan kepala pengendara. Oleh karena itu, pemilihan material yang ringan dan mempunyai kemampuan dalam menahan beban kompresi sangat diperlukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi energy yang mampu diserap oleh helmet yang terbuat dari material *epoxy* dengan penguat 16% HGM untuk mendesain helmet dalam menerima beban *impact* dan hubungannya terhadap ketebalan helmet.

1.4 Manfaat penelitian

Manfaat dari penelitian ini semoga dapat digunakan sebagai referensi untuk merancang helmet di dunia transportasi darat.

1.5 Batasan masalah

Agar penelitian ini dapat mencapai tujuan dengan yang diharapkan maka batasan masalah yang di berikan sebagai berikut :

1. Mensimulasikan pengujian penyerapan kejut dan uji penetrasi.
2. Pengujian *impact* dan penetrasi pada helmet menggunakan Standart Nasional Indonesia (SNI).

1.6 Metode Penulisan

Penulisan di susun dalam lima bab yaitu pendahuluan, dasar teori, metodologi penelitian, analisa data dan pembahasan, serta kesimpulan. Adapun perinciannya adalah sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab pendahuluan dijelaskan tentang latar belakang penelitian, perumusan masalah, pembatasan masalah serta tujuan penelitian.

BAB 2 DASAR TEORI

Pada bab dasar teori menjelaskan teori-teori dasar mengenai composite dan jenisnya, polimer, definisi helm dan kegunaannya.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab metodologi penelitian dijelaskan tentang data spesimen yang digunakan, metode pengujian yang digunakan, diagram alir, metode manufaktur, metode pengumpulan data dan segala bentuk prosedur yang diperlukan untuk penelitian ini.

BAB 4 ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Pada bab analisa data dan pembahasan menampilkan pembahasan dari data yang didapatkan saat pengujian simulasi.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab kesimpulan dan saran diberikan dengan menarik kesimpulan dari hasil percobaan yang telah dianalisa beserta dengan saran untuk penelitian berikutnya.

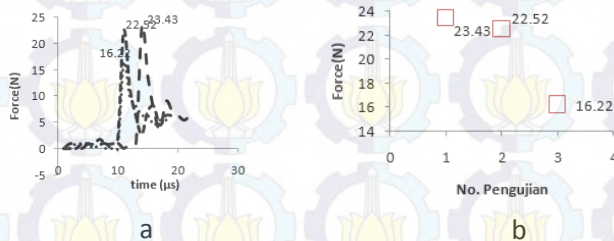
BAB 2

DASAR TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan pustaka

Rahmat Kartolo Simanjuntak., [3] melakukan pengujian terhadap kekuatan dan ketahanan helm dengan uji impact terpusat dan beban impact penetrasi. Selanjutnya Syam, B., [4] dan Mahadi, B., [5] telah melakukan penelitian tentang teknik pengukuran tegangan insiden dengan aplikasi teknik dua gage untuk pengujian helm industri yang dikenai beban impak kecepatan tinggi. Penelitian helm industri secara simulasi komputer dengan menggunakan pendekatan elemen hingga oleh Nayan [6], dengan menyelidiki perilaku yang terjadi pada helm akibat benda jatuh dari ketinggian 40 meter. Berdasarkan serangkaian penelitian tersebut peneliti terdorong untuk melakukan penelitian dengan menggunakan metode jatuh bebas. Dalam penelitian dibangun alat uji jatuh bebas helm sepeda motor non standard yang dirangkaikan dengan komputer PC dan perangkat lain yang dibutuhkan sebagai sistim data akusisinya. Kejadian yang sering terjadi pada kecelakaan lalu lintas ialah dimana pengendara jatuh dari kendaraan dan mengalami benturan yang mengenai kepala meskipun telah memakai helm sepeda motor, namun dari jenis helm non standard. Dari peristiwa ini perlu diketahui seberapa besar tegangan yang

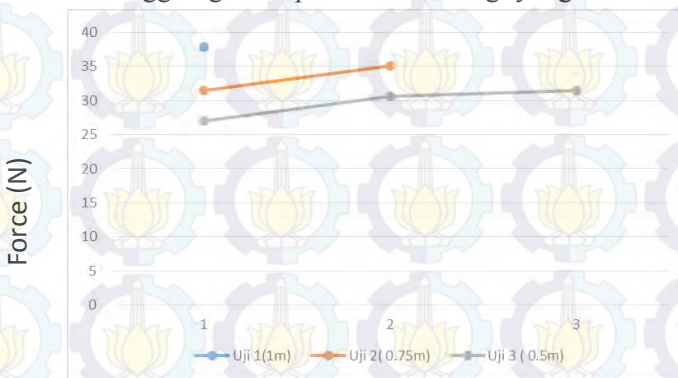
diterima pada lokasi pengimpakan, distribusi tegangan yang terjadi dipermukaan kepala



Gambar 2.1 (a) Hasil uji impact anvil $h = 0$, (b) Gaya impact untuk anvil plat datar[3]

Besarnya gaya impact yang diserap helmet diperlihatkan pada gambar 5. Energi yang mampu diserap helmet pada anvil jenis ini tidak lebih dari 50% dari keseluruhan energi tersedia ($E_{maks}=36,78J$). Selanjutnya untuk hasil pengujian dengan ketinggian 0,5 m, energi yang mampu diserap hanya sekitar 20% dari keseluruhan energi yang diberikan ($E_{maks}=24,52J$), sebelum akhirnya mengalami kerusakan. Besarnya gaya impact yang dihasilkan untuk anvil plat datar diperlihatkan pada gambar 6.

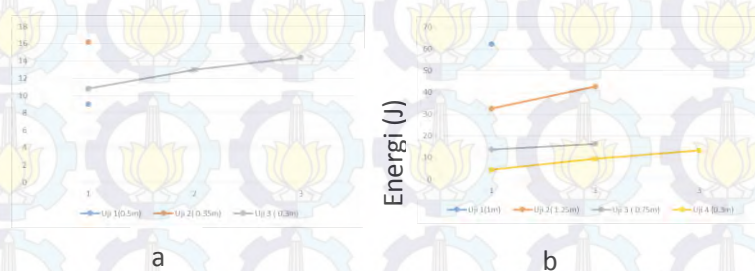
Pada pengujian pertama dengan ketinggian jatuh 1 m, helm langsung mengalami kerusakan. Pada kondisi ini energi yang diserap helm mencapai 77% dari keseluruhan energi yang diberikan. Selanjutnya pada pengujian kedua dengan ketinggian jatuh 0,75 m dilakukan hingga dua kali percobaan. Pada percobaan pertama uji kedua, energi yang diserap helm sekitar 72% dan helm tidak mengalami kerusakan. Tetapi pada percobaan kedua helm mengalami kerusakan dan energi yang terserap adalah sebesar 64%. Selanjutnya pada pengujian ketiga dengan ketinggian jatuh 0,5 m dilakukan hingga tiga kali percobaan. Energi yang



Gambar 2.2 Hasil pengujian impact jatuh bebas dengan anvil plat miring[3]

Pada pengujian pertama dengan ketinggian jatuh 1 m, helm langsung mengalami kerusakan. Pada kondisi ini energi yang diserap helm mencapai 77% dari keseluruhan energi yang diberikan.

Selanjutnya pada pengujian kedua dengan ketinggian jatuh 0,75 m dilakukan hingga dua kali percobaan. Pada percobaan pertama uji kedua, energi yang diserap helm sekitar 72% dan helm tidak mengalami kerusakan. Tetapi pada percobaan kedua helm mengalami kerusakan dan energi yang terserap adalah sebesar 64%. Selanjutnya pada pengujian ketiga dengan ketinggian jatuh 0,5 m dilakukan hingga tiga kali percobaan. Energi yang terserap pada masing-masing percobaan mulai percobaan pertama, kedua dan ketiga berturut-turut ialah 64%, 62%, dan 55%. Apabila dibandingkan dengan jenis anvil plat datar terlihat bahwa kemampuan helm lebih baik pada jenis anvil plat miring. Hal ini dibuktikan berdasarkan hasil serangkaian pengujian yang telah dilakukan, dimana energi yang diserap pada plat datar relatif cukup kecil untuk menyebabkan kerusakan pada helm non-standar dibandingkan pada jenis anvil plat miring. Perbedaan energi yang diserap tersebut adalah 62%. Gaya maksimum pada pengujian impact jatuh bebas dengan anvil bentuk peluru diperlihatkan pada gambar 8.



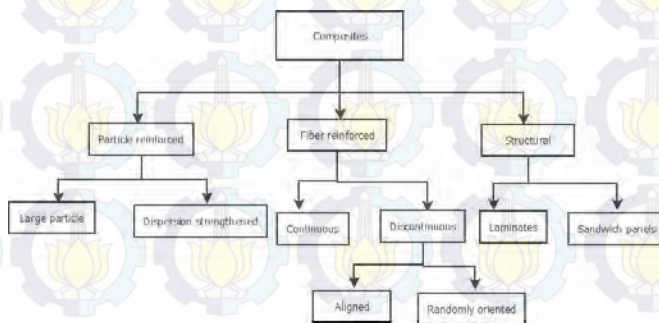
Gambar 2.3 (a) Data hasil pengujian impact jatuh bebas dengan anvil jenis peluru (b) Data hasil pengujian impact jatuh bebas dengan anvil setengah bola[3]

Pada jenis anvil ini dilakukan 4 (empat) kali pengujian seperti. Pada pengujian pertama dengan ketinggian jatuh 1,5 m, helm mengalami kerusakan dalam satu kali pengujian. Energi yang

diserap pada pengujian ini ialah sebesar 85% dari energi keseluruhan yang dapat terjadi pada posisi tersebut ($E_{maks}=73,6J$). Pada pengujian kedua dilakukan 2 (dua) kali percobaan dengan gaya dan energi rata-rata sebesar 30,15 N dan 37,68 J. Jumlah energi rata-rata yang mampu diserap helm pada posisi ini adalah 61.5% dari energi keseluruhan yang dapat terjadi pada posisi tersebut ($E_{maks}=61,31J$). Pada pengujian ketiga dilakukan dalam 2 (dua) kali percobaan juga, dengan gaya dan energi rata-rata sebesar 19,98 N dan 14,98 J. Jumlah energi rata-rata yang mampu diserap helm pada posisi ini ialah . 40,7% dari energi keseluruhan yang dapat terjadi pada posisi tersebut ($E_{maks}=36,79J$). Pada pengujian keempat dilakukan 3 (tiga) kali percobaan, dengan gaya dan energi rata-rata sebesar 12,67 N dan 3,8 J. Jumlah energi rata-rata yang mampu diserap helm pada posisi ini ialah 25,8% dari energi keseluruhan yang dapat terjadi pada posisi tersebut ($E_{maks}=14,72J$).

2.2 Komposit

Komposit adalah suatu material yang terdiri dari gabungan antara dua atau lebih material penyusun yang sifatnya berbeda. Material komposit memiliki sifat mekanik sebagai berikut yaitu kekuatan dan kekakuan tinggi, sangat ringan, tahan korosi terhadap cairan kimia dan cuaca, mudah dibentuk, ketahanan creep tinggi. Dengan kelebihan tersebut komposit banyak diaplikasikan dalam peralatan-peralatan berteknologi tinggi di bidang industry, transportasi dan konstruksi bangunan.



Gambar 2.4 Klasifikasi komposit [7]

Material komposit terdiri dari dua bahan penyusun yaitu bahan utama sebagai penguat (reinfronce) dan bahan pendukung sebagai pengisi (matriks). Matriks merupakan unsur yang bertugas untuk mengikat dan melindungi penguat. Unsur ini juga menahan dan meneruskan tegangan yang di terima pada komposit tersebut. Penguat merupakan unsur utama dalam pembentukan material komposit. Sehingga penguat inilah yang menentukan karakteristik material komposit seperti kekakuan, kekuatan, dan sifat-sifat mekanik lainnya.

Jenis komposit berdasarkan jenis matriks terdiri :

1. *IPolimer Matrix Composite* (PMC) yang merupakan komposit dengan jenis matriks polimer
Contoh : Thermoplastik, thermoseting
2. *Metal Matrix Composite* (MMC) yang merupakan komposit berbahan matriks logam
Contoh : Alumunium, magnesium, titanium
3. *Ceramic Matrix Composite* (CMC) yaitu komposit dengan bahan matriks keramik.
Contoh : Alumina, alumunium titanate, silicon carbide

Komposit berbahan matriks logam (MMC) sering di aplikasikan pada bidang kedirgantaraan dan komponen otomotif. CMC digunakan untuk keperluan perlindungan panas pada pesawat luar angkasa dan komponen pada roket. Komposit berbahan polimer (PMC) sangat sering di gunakan pada alat-alat rumah tangga dalam kehidupan sehari-hari hingga peralatan elektronik.

Bahan polimer pada matriks di bagi menjadi 2 jenis yaitu Thermoset dan Thermoplastic. Polimer thermoset adalah bahan yang akan menjadi keras jika di panaskan di atas temperatur kritisnya dan tidak dapat di perlunak dengan cara di panaskan. Polimer thermoset tidak dapat di daur ulang. Contoh matriks polimer thermoset adalah epoxy dan polyester. Polimer thermoplastic adalah polimer yang dapat dilunakkan dengan cara dipanaskan diatas temperatur kritisnya. Polimer thermoplastic dapat di daur ulang. Contoh polimer thermoplastic adalah Polystyrene dan nylons.

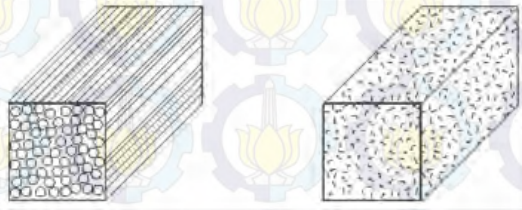
Sedangkan komposit berdasarkan jenis penguat di bagi menjadi 4 jenis terdiri atas:

1. Komposit berpenguat partikel
Merupakan komposit yang penguatnya berupa fase partikel
Contoh : Beton, yang merupakan bahan baku bangunan dimana matriksnya adalah semen sedangkan penguatnya ada pasir.



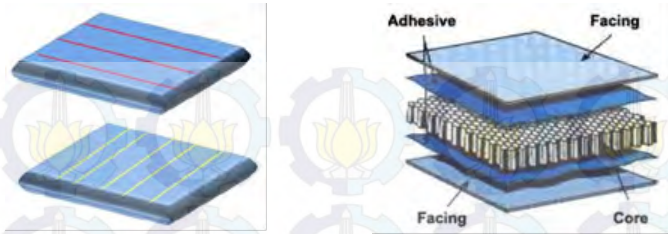
Gambar 2.5 Komposit berpenguat partikel

2. Komposit berpenguat serat, baik serat panjang maupun pendek
Merupakan komposit yang fase penguatnya berupa serat, contoh : serat gelas dalam matriks polimer dan serat alam dalam matriks polimer



Gambar 2.6 Komposit berpenguat serat

3. Komposisi berpenguat struktural baik yang berbentuk laminar maupun sandwich (LRC)
Merupakan komposit yang penguatnya berupa lapisan, contohnya : polywood



Gambar 2.7 Komposit berpenguat struktur

2.2 Hibrida komposit

Merupakan suatu jenis komposit yang penguatnya lebih dari satu jenis penguat ke dalam satu matriks. Tingkat pencampuran dapat dalam skala kecil dan skala besar. Tujuan dari hibridisasi adalah untuk membuat suatu material baru yang mengandung keunggulan dari penyusunnya. Contoh dari hybrid composite adalah GLARE (Glass Reinforced Fiber Metal Laminate)

Hibrida komposit di bedakan menjadi 4 jenis yaitu :

a. *Sandwich*

Merupakan suatu material yang di himpit oleh material lainnya.

b. *Interply* atau *laminated*

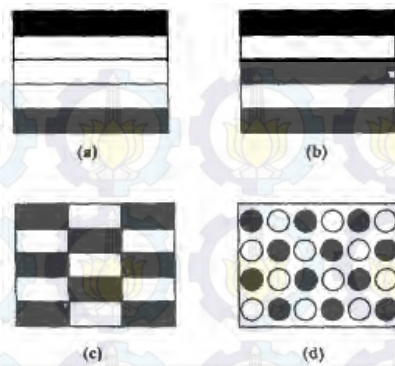
Merupakan suatu material dimana lapisan penyusun yang berbeda.

c. *Intraply*

Gabungan dari dua atau lebih tiper serat digabungkan dalam satu lamina

d. *Intimately mixed*

Penyusun dari masing-masing serat penguat dicampurkan sedemikian rupa sehingga tidak ada konsentrasi dari masing-masing yang tampak pada material komposit.



Gambar 2.8 Komposit hibrida (a) *Sandwich* (b) *Interply* (c) *Intraply* (d) *Intimately mixed*

Material penguat adalah salah satu penyusun utama pada material komposit. Material ini secara umum berbentuk serat baik serat panjang dan serat pendek. Mayoritas fraksi volumen dari material komposit terdiri dari material penguat ini agar beban yang di kenakan mampu didistribusika dengan baik ke material penguat. Pemilihan jenis serat, fraksi volume serat, panjang serat, dan arah serat akan mempengaruhi karakteristik material komposit sebagai berikut : berat jenis, kekuatan Tarik dan modulus elastisitas, kekuatan tekan dan modulus, kekuatan fatigue serta mekanisme kegagalannya, dan biaya produksi

2.3 Polimer

Polimer berasal dari kata poly yang berarti banyak dan mer yang berarti bagian, jadi polimer dapat di artikan sebagai suatu material yang molekulnya di bentuk dengan beberapa bagian. Umumnya polimer terbentuk dari hidrokarbon dimana atom karbon sebagai unsur utama dalam rantai ikatan kimia. Dalam aplikasi komposit, polimer sebagai matriks dan banyak di sebut orang sebagai resin.

Berdasarkan sifatnya polimer dibedakan menjadi 3 jenis yaitu :

1. Thermoplastik :

Polimer yang dapat dibentuk kembali dengan proses pemanasan, contoh : Polyethylene, Polyvinyl Chloride

2. Thermosetting :

Polimer yang tidak dapat dibentuk lagi dengan proses pemanasan, contoh : Polyester dan Phenolic

3. Elastomer :

Adalah polimer yang dapat kembali ke bentuk awal setelah tegangan yang diberikan dihilangkan, contoh : karet

2.4 Epoxy resin

Epoxy adalah polimer yang terbentuk dari dua bahan kimia yang berbeda disebut sebagai “resin” dan “pengeras”. Resin ini terdiri dari monomer atau polimer rantai pendek dengan kelompok epoksida di kedua ujung. Epoxy resin paling umum yang dihasilkan dari reaksi antara epiklorohidrin dan bisphenol-A, meskipun yang terakhir mungkin akan digantikan dengan bahan kimia yang serupa. Pengeras terdiri dari monomer polyamine misalnya Triethylenetetramine (teta). Ketika senyawa ini dicampur bersama, kelompok amina bereaksi dengan kelompok epoksida untuk membentuk ikatan kovalen. Setiap kelompok NH dapat bereaksi dengan kelompok epoksida, sehingga polimer yang dihasilkan sangat silang dan dengan demikian kaku serta kuat.

2.1 Tabel properties epoxy

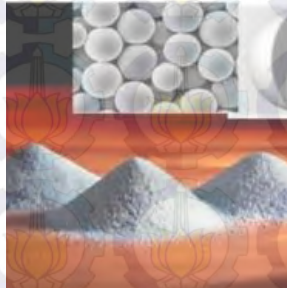
PROPERTIES	
Tensile Strength	85 N/mm ²
Tensile Modulus	10500 N/mm ²
Compressive Strength	190 N/mm ²
Water absorption	5-10 mg at 24h, 23 celsius

Bahan epoxy cenderung mengeras secara bertahap, berbeda dengan bahan poliester yang cenderung mengeras dengan cepat,

terutama jika banyak katalis yang digunakan reaksi kimia dalam kedua kasus tersebut adalah eksotermik. Jumlah besar dari campuran akan menghasilkan panas mereka sendiri dan lebih mempercepat laju reaksi.

2.5 Hollow glass microsphere

Hollow Glass Microsphere banyak digunakan sebagai pengisi yang memiliki densitas rendah untuk berbagai jenis senyawa polimer. Hollow Glass Microsphere merupakan kaca berdinding tipis yang berongga dan terbuat dari kaca yang mengandung sodium borosilicate. HGM tidak cukup kuat untuk menahan gaya geser yang tinggi dan tekanan tinggi yang terlibat dalam pembuatan plastik dan injection molding.



Gambar 2.9 Hollow glass microspheres

3M memperkenalkan microsphere kaca dengan kekuatan penggunaan tekanan kekuatan proporsi yang sama dari segala arah (isotatic) yang mencapai 10.000 psi. Dengan ditemukannya jenis ini berarti bahwa Hollow Glass Microsphere dapat digunakan dalam pengisi untuk proses-proses yang membutuhkan tegangan geser tinggi. Pada jenis Hollow Glass Microsphere iM30K, mempunyai kekuatan tekan tertinggi di dunia dalam produk tersebut dan memiliki ratio strength to density tertinggi dari jenis Hollow Glass Microsphere di pasar. Terbuat dari bahan soda (soda/lime borosilicate) dan dapat menahan tekanan injection molding sekitar 30.000 psi. Memiliki ukuran 16 micron tiap butirnya dan mempunyai kekuatan isostatic mencapai 28.000 psi dengan densitas 0,6 g/cc.

Hollow Glass Microsphere digunakan sebagai filler dalam material komposit ringan seperti beton ringan. Dengan properti densitas ringan rendah, konduktivitas termal rendah dan ketahanan terhadap tegangan tekan yang tinggi maka Hollow Glass Microsphere banyak digunakan pada peralatan di laut dalam seperti peralatan pengeboran minyak.

Beberapa keunggulan dari Hollow Glass Microsphere yaitu:

1. Memiliki ketahanan pada suhu tinggi.
2. Memiliki rasio strength to density yang tinggi.
3. Memiliki stabilitas kimia yang baik.
4. Memiliki kekuatan tekan yang tinggi.
5. Memiliki termal konduktivitas yang rendah.

Tabel 2.2 Mechanical properties HGM [9]

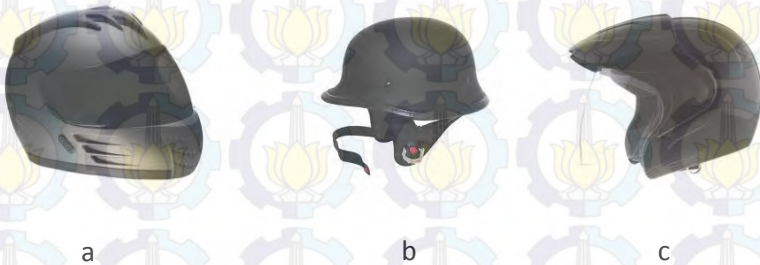
Property	IM 30 K
shape	Hollow sphere with thin walls
composition	Soda lime – borosilicate glass
colour	White, powder
Isotatic crush	28000 psi
True density	600 Kg/m ³
Bulk density to true particle density	63%
Oil absorption	33,5

2.6 Helm

Helm adalah system perlindungan kepala pengendara sepeda motor saat mengalami benturan akibat kecelakaan dan sepeda motor adalah kendaraan yang diidentifikasi dari pengguna jalan yang paling rentan.

Helm yang baik adalah helmet yang nyaman. Biasanya helm semacam ini lulus persyaratan SNI (Standar Nasional Indonesia),

DOT (Departement of Transportation) atau standar transportasi Amerika Serikat atau standar lain seperti untuk Standar Eropa dan Jepang. Helm yang aman adalah helm yang terbuat dari lapisan cangkang luar yang membungkus seluruh kepala dan menyisakan cukup ruang untuk melihat kedepan, tebal dan anti benturan. Jenis helm yang masuk dalam kategori standar ada tiga, yaitu helm half face, Open face dan Full face.



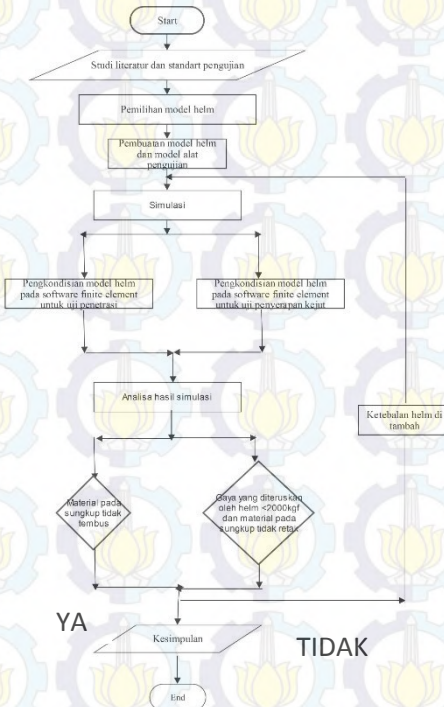
Gambar 2.10 (a) Helm full face (b) Helm open half face (c) Helm open face

Fungsi utama helm adalah untuk mengurangi atau menghindari cedera yang mungkin terjadi di kepala saat terjadi benturan. Pada kenyataannya, kecelakaan di jalan adalah penyebab utama dari cedera kepala. Helm sepeda motor saat ini terdiri dari cangkang keras dan menyerap energy linier. Mekanisme cedera kepala telah dipelajari lebih dari setengah abad, teori yang berbeda telah diusulkan, model kepala yang berbeda telah dikembangkan dan banyak dari cedera kepala telah diperkirakan.

BAB 3

METODOLOGI PERCOBAAN

3.1 Diagram alir penelitian



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.2 PROPERTIES MATERIAL [11]

Properties material pada model helm ini adalah densitas sebesar $1035.4 \frac{Kg}{M^{-3}}$, modulus young 567.02 Mpa dan poisson ratio sebesar 0.12[10]. Untuk model alat pengujian penetrasi dan penyerapan kejut mempunyai modulus young 200000 Mpa dan passion ratio 0.3 yang dapat di lihat pada tabular data software *finite element*.

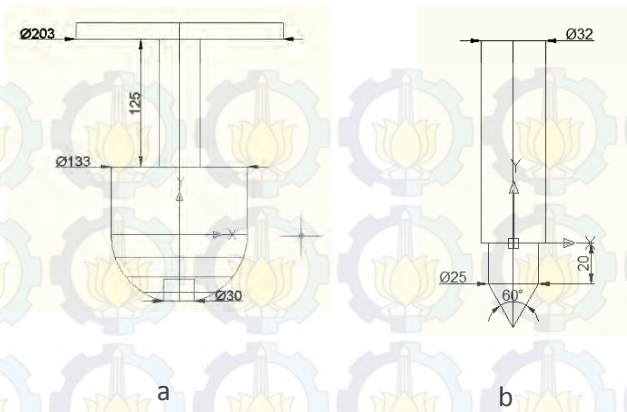
Tabel 3.1 Standart pengujian SNI 1811-2007[11]

NO	Jenis Pengujian	Syarat Kerja	Kriteria Lulus
1	Uji Penetrasi	<ul style="list-style-type: none"> Jarak paku pemukul dengan helm 1,6 m Paku pemukul di jatuhkan bebas 	<ul style="list-style-type: none"> Material pada sungkup tidak tembus
2	Uji Penyerapan Kejut	<ul style="list-style-type: none"> Paron baja plat berbentuk lingkaran dengan diameter 130mm 	<ul style="list-style-type: none"> Tidak mengalami retak atau pecah pada sungkup helm Gaya yg diteruskan ke helm tidak boleh melebihi 2000kgf

3.3 STANDART PENGUJIAN

Pada Standart Nasional Indonesia pengujian helm ada 4 yaitu:

1. Sungkup
 - a. Penyerapan kejut
 - b. Uji penetrasi
2. Sistem penahan
 - a. Kekuatan system penahan
 - b. Kelicinan sabuk
 - c. Keausan sabuk



Gambar 3.4 Model alat pengujian uji penetrasi (a) Anvil (b) Paku pemukul [13]

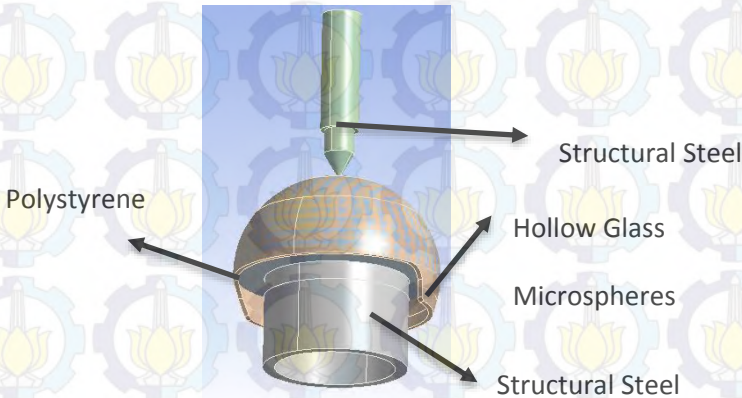


Gambar 3.5 Model alat pengujian penyerapan kejut [14]

3.5 PENGKONDISIAN MODEL UJI PENETRASI

Untuk memulai proses simulasi untuk pengujian penetrasi menggunakan software finite element dan yang perlu dilakukan dalam melakukan pengujian ini antara lain :

1. Pemilihan material



Gambar 3.6
Pemilihan material untuk uji penetrasi

2. Meshing

Meshing merupakan proses pembagian model menjadi elemen-elemen kecil. Pemilihan *meshing* akan sangat menentukan hasil pengujian. Pada penelitian kali ini dipilih meshing yang paling kecil sehingga hasil yang didapat diharapkan mampu mendekati hasil sebenarnya.



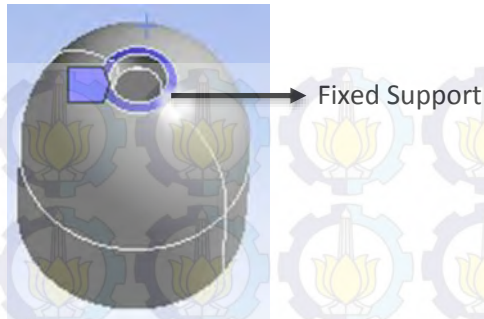
Gambar 3.7 Pemilihan meshing untuk uji penetrasi

3. Pemberian beban dan fixed support

Pada simulasi energi potensial di ubah menjadi energi kinetik. Paku pemukul di letakkan pada helm yang terikat pada pola kepala uji dan paku di beri kecepatan sebesar 5,6 m/s.



Gambar 3.8 Pemberian beban berupa kecepatan pada paku pemukul

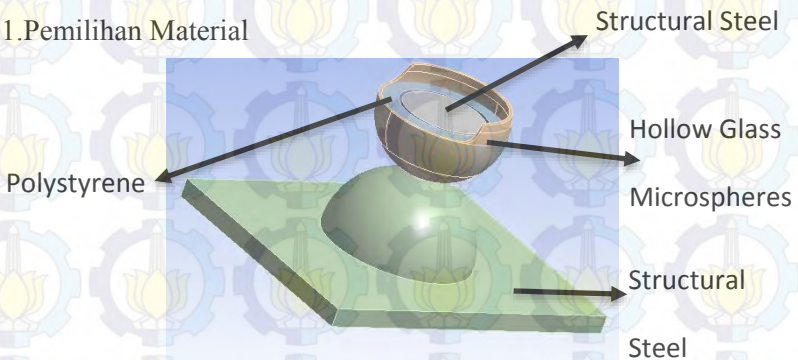


Gambar 3.9 Pemberian fixed support pada bagian bawah helm

3.6 PENGKONDISIAN MODEL UJI PENYERAPAN KEJUT

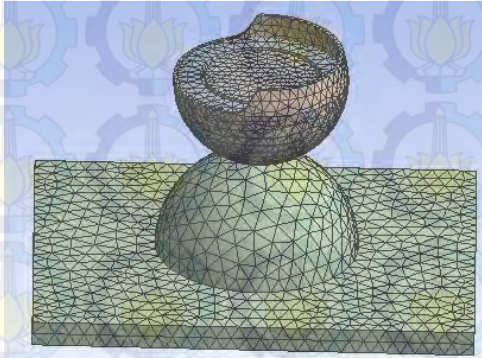
Untuk memulai proses simulasi untuk pengujian penyerapan kejut menggunakan software finite element dan yang perlu dilakukan dalam melakukan pengujian ini antara lain :

1. Pemilihan Material



Gambar 3.10 Pemilihan material untuk uji penyerapan kejut

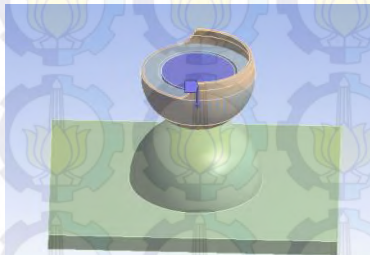
2. Meshing



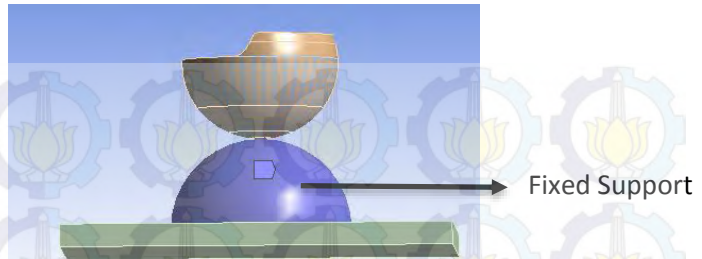
Gambar 3.11 Pemilihan meshing untuk uji penyerapan kejut

3. Pemberian beban dan fixed support

Pada simulasi energi potensial di ubah menjadi energi kinetic untuk pengujian penyerapan kejut. Helm di letakkan di atas landasan jatuh dan pemberat helm di beri kecepatan sebesar 5,6 m/s.



Gambar 3. 12 Pemberian beban berupa kecepatan pada uji penyerapan kejut



Gambar 3.13 Pemberian fixed support pada bagian bawah untuk uji penyerapan kejut



BAB 4

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 HASIL DATA

Tabel 4.1 Spesifikasi Helm

No	Ketebalan (mm)	Volume (m^3)	Berat (Kg)
1	4	0,00021282	0,22035
2	6	0,00031239	0,32345
3	8	0,00040754	0,42197

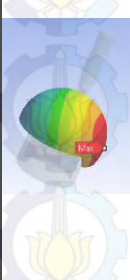

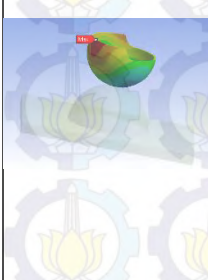


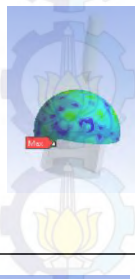

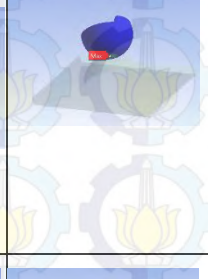
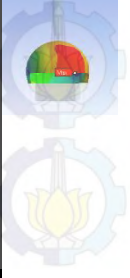
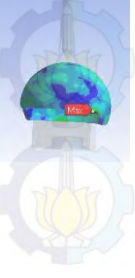

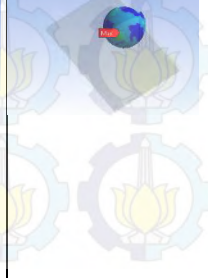
Tabel 4.2 Energi yang dimiliki paku pemukul dan helm untuk pengujian penetrasi.

No	Ketebalan (mm)	Energi kinetik paku pemukul (J)	Energi kinetik helm (J)	Energi internal helm (J)
1	4	45,226	5,2	35
2	6	45,226	3,9	36
3	8	45,226	1,2	41,588

Tabel 4.3 Energi yang dimiliki helm untuk pengujian penyerapan kejut

Helm	Energi Pemberat dan sungkup	Ener gi kineti c fom	Energi kinetic sungku p	Energi intern al fom	Energi internal sungku p	Energi intern al pembe rat
4	77.494	0.801 95	3.5409	59.27	6.6752	0.364 73
6	79.114	0.914 91	8.4402	19.54 3	40.561	0.369 05
8	80.734	0.817 65	5.4157	44.64 2	9.5841	0.611 69

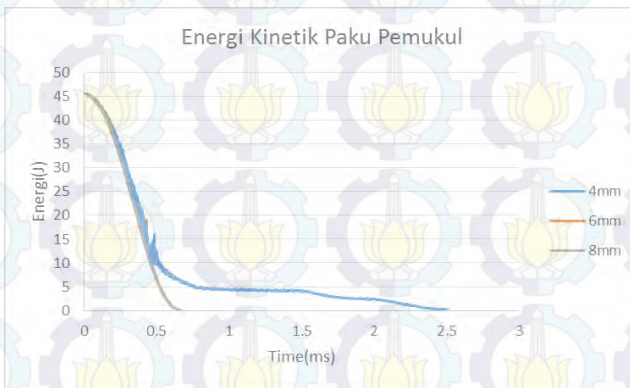
Tabel 4.4 Deformasi, tegangan pada simulasi penetrasi dan kejut

Kete balan Helm	Pengujian Penetrasi		Pengujian Penyerapan Kejut	
	Deform asi (mm)	Teganga n (Mpa)	Deformasi (mm)	Tegangan (Mpa)
4 mm				
6 mm				
8 mm				

4.2 ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN PENGUJIAN PENETRASI

4.2.1 Energi paku pemukul

Paku pemukul yang dijatuhkan bebas akan menumbuk helm yang terikat pada anvil. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) helm dijatuhkan dari ketinggian 1,6 meter.



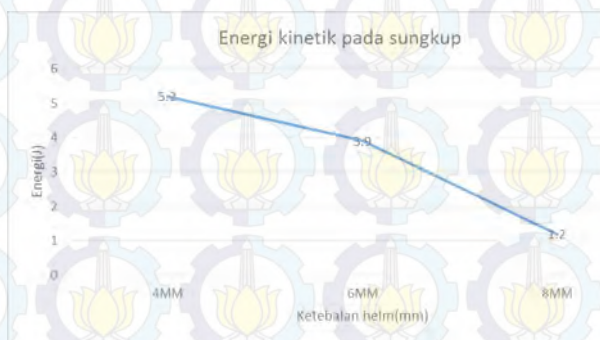
Gambar 4.1 Grafik Penurunan kecepatan paku pemukul

Paku pemukul yang memiliki Energi kinetik akan mengalami penurunan Energi kinetik ketika mengenai helm yang terikat pada anvil. Hal ini dikarenakan energi kinetik paku pemukul untuk bergerak sudah mulai dipindahkan ke helm. Pada grafik di atas Tabel 4.4 Deformasi, tegangan pada simulasi penetrasi dan kejut menunjukkan penurunan kecepatan paku pemukul. Dari Energi kinetik 45,226 joule menjadi 0 Joule. Penurunan energi kinetik pada paku pemukul pada helm dengan ketebalan 4 mm membutuhkan

waktu 2,5 milisekon untuk mencapai 0 joule. Sedangkan helm dengan ketebalan 6 mm dan 8 mm hanya membutuhkan waktu 0,663 milisekon dan 0,662 milisekon. Dapat dilihat bahwa dengan bertambahnya ketebalan helm penurunan energi kinetic paku pemukul semakin cepat.

4.2.2 Energi kinetic pada helm open face

Energi kinetic paku pemukul akan dipindahkan ke helm open face, energi kinetic yang dipindahkan akan berubah menjadi energi internal dan energi kineik pada helm. Gambar 4.2 menunjukkan penurunan energi kinetic helm berdasarkan ketebalan helm. Dan gambar 4.3 menunjukkan peningkatan energi internal yang dialami oleh helm seiring bertambahnya ketebalan helm.



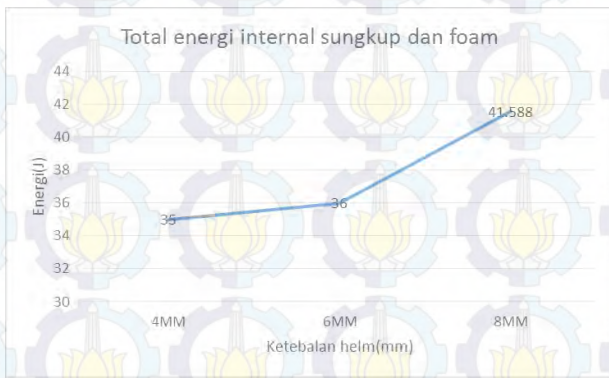
Gambar 4.2 Grafik penurunan energi kinetic pada helm open face

Pada helm open face dengan ketebalan 4 mm energi kinetic maksimal yang diterima sebesar 5,2 joule, helm dengan ketebalan 6

mm energi kinetic maksimal sebesar 3,9 joule dan ketebalan 8 mm energi kinetic maksimalnya 1,2 joule.

Pada grafik di atas ditunjukkan bahwa dengan semakin bertambahnya ketebalan helm, energi kinetic paku pemukul yang di ubah menjadi energi kinetic helm mengalami penurunan.

4.2.3 Energi internal pada helm open face



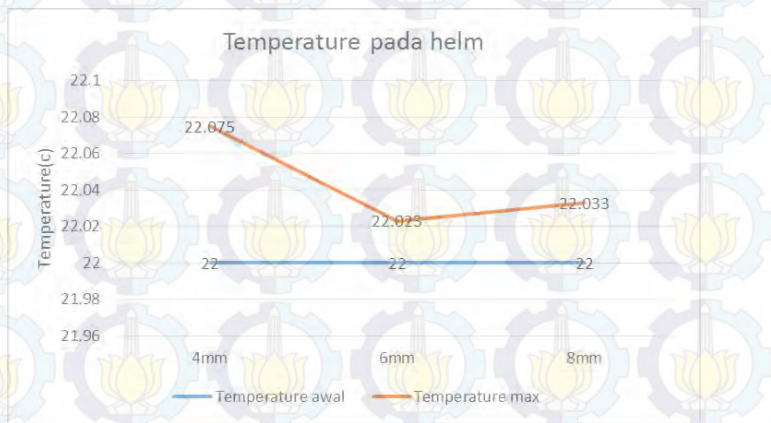
Gambar 4.3 Grafik peningkatan energi internal pada helm open face

Selain diubah menjadi energi kinetic pada helm open face, energi kinetic paku pemukul juga diubah menjadi energi internal pada helm. Pada gambar diatas dapat diketahui bahwa energi internal yang diterima oleh helm tren grafik berbanding terbalik dengan energi kinetic pada helm. Pada grafik energi internal yang diterima oleh helm menunjukkan tren kenaikan seiring dengan bertambahnya ketebalan.

Pada gambar diatas menunjukkan bahwa dengan bertambahnya ketebalan, energi kinetic paku pemukul yang diubah menjadi energi internal helm juga mengalami peningkatan. Pada helm dengan ketebalan 4 mm memiliki energi internal sebesar 35 joule, pada helm ketebalan 6 mm energi internal sebesar 36 joule dan helm dengan ketebalan 8 mm memiliki energi internal sebesar 41,588 joule.

4.2.4 Energi panas yang timbul pada helm open face

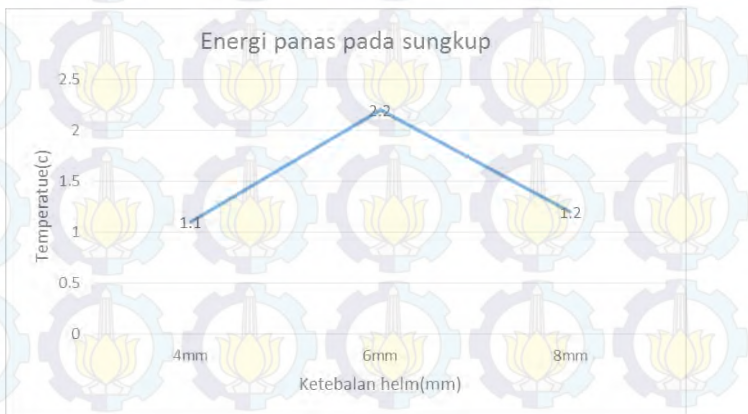
Energi kinetic paku pemukul yang dipindahkan ke helm open face selain diubah menjadi energi kinetic dan energi internal helm, juga menjadi energi panas. Energi panas timbul karena adanya tumbukan antara paku pemukul dan helm open face, sehingga temperature setelah terjadi tumbukan mengalami peningkatan. Hal ini ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 4.4 Peningkatan temperature yang terjadi pada helm

Helm open face saat sebelum diberi beban memiliki temperature sebesar 22°C untuk setiap ketebalan. Setelah dilakukan pembebanan, helm mengalami kenaikan temperature. Pada helm dengan tebal 4 mm temperaturenya mejadi $22,075^{\circ}\text{C}$, helm dengan ketebalan 6 mm temperaturenya menjadi $22,023^{\circ}\text{C}$ dan helm dengan ketebalan 8 mm memiliki temperature $22,033^{\circ}\text{C}$.

Dengan adanya peningkatan temperature ini dapat diketahui bahwa juga terjadi energi panas pada helm open face, hal ini ditunjukkan pada gambar di bawah ini.

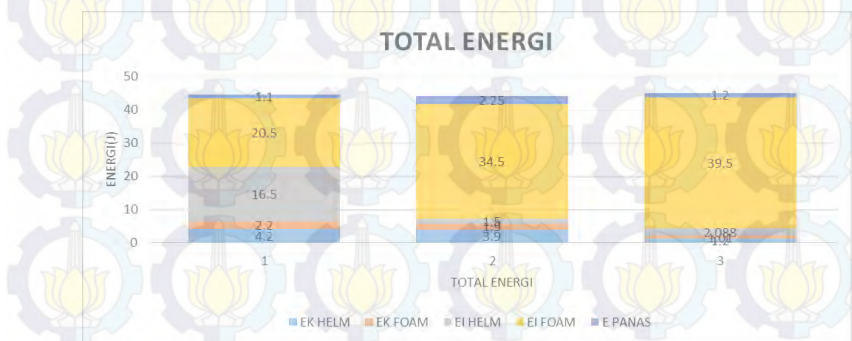


Gambar 4.5 Energi panas yang terjadi pada helm open face

Pada helm dengan ketebalan 4 mm energi panas yang timbul sebesar 1,1 joule, helm dengan ketebalan 6 mm memiliki energi panas sebesar 2,2 joule dan helm dengan ketebalan 8 mm mempunyai energi panas sebesar 1,2 joule.

4.2.5 Penyerapan energi kinetic paku pemukul oleh helm open face

Besar energi internal, energi panas dan energi kinetic yang ada pada helm merupakan energi yang mampu diserap oleh helm. Jumlah ketiga energi ini merupakan energi total yang dapat diterima oleh helm open face. Gambar dibawah ini akan menunjukkan seberapa besar kemampuan helm open face dalam menyerap energi kinetic paku pemukul di setiap ketebalannya.

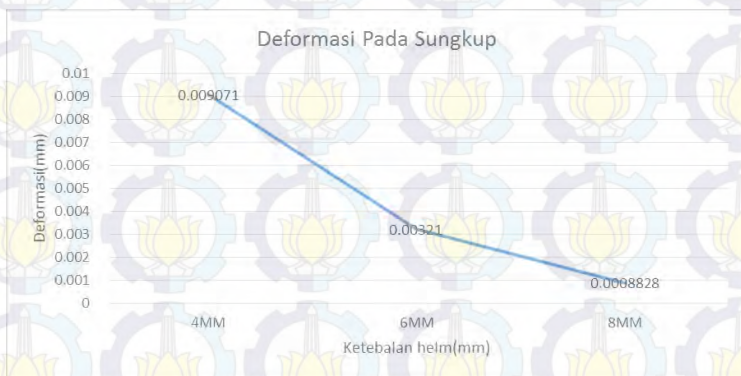


Gambar 4.6 perbandingan energi pada helm dan paku pemukul

Gambar diatas menunjukan bahwa energi kinetic paku sebesar 45,226 joule dan di transfer ke helm open face. Helm dengan ketebalan 4 mm memiliki energi kinetic helm sebesar 5,2 joule, energi kinetic foam 3,2 joule, energi internal helm sebesar 14,5 joule, energi internal foam sebesar 20,5 joule dan energi panas sebesar 1,1 joule, sehingga total energi pada helm 44,5 joule. Untuk helm dengan ketebalan 6 mm memiliki energi kinetic helm sebesar 3,9

joule, energi kinetic foam sebesar 1,9 joule, energi internal helm sebesar 1,5 joule, energi internal foam sebesar 34,5 dan energi panas sebesar 2.25 joule, sehingga total energi pada helm sebesar 44,05 joule. Helm dengan ketebalan 8 mm memiliki energi kinetic helm sebesar 1,2 joule, energi kinetic foam sebesar 1,01, energi internal helm 2,088 joule, energi internal foam sebesar 39,5 joule dan energi panas sebesar 1,2 joule, sehingga total energi yang dapat di serap helm sebesar 44,998 joule.

4.2.6 Analisa Deformasi helm open face



Gambar 4.7 Grafik penurunan deformasi pada helm open half face

Helm akan mengalami deformasi apabila menerima tegangan. Deformasi bervariasi untuk ketebalan helm yang berbeda. Deformasi yang paling kecil adalah deformasi untuk helm dengan ketebalan paling tinggi, yaitu 8 mm diikuti dengan helm ketebalan 6 mm dan yang paling tinggi deformasinya adalah helm dengan ketebalan 4 mm.

Nilai deformasi untuk helm dengan ketebalan 4 mm adalah $9,071 \times 10^{-3}$ mm, untuk helm ketebalan 6 mm adalah $3,21 \times 10^{-3}$ mm dan helm dengan ketebalan 8 mm sebesar $8,8828 \times 10^{-4}$ mm. Helm yang memiliki deformasi maksimal adalah helm dengan ketebalan 4mm. Peningkatan ketebalan mengakibatkan helm lebih tahan terhadap deformasi. Dari hasil yang ada dapat disimpulkan bahwa dengan meningkatnya ketebalan, maka nilai deformasi maksimal yang terjadi mengalami penurunan.

4.2.7 Analisa Tegangan Helm Open face



Gambar 4.8 Grafik penurunan tegangan pada helm open face

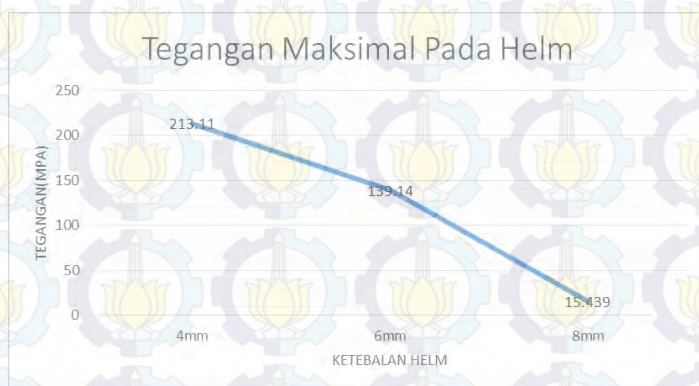
Helm akan menerima tegangan dari luar akibat pembebanan kejut yang diberikan oleh paku pemukul. Beban terdistribusi ke luasan helm. Apabila tegangan maksimal yang didapatkan dari simulasi bernilai lebih rendah maka material aman digunakan.

Dari hasil simulasi, didapatkan hasil bahwa helm dengan ketebalan 4 mm hingga 8 mm memiliki tegangan maksimal dibawah

tegangan tekan maksimal material komposit, sehingga helm aman untuk digunakan. Nilai tegangan ekuivalen maksimal berturut-turut untuk ketebalan 4 mm hingga 8 mm adalah 1,5179 Mpa, 1,0491 Mpa dan 0,74105 Mpa. Peningkatan ketebalan helm meningkatkan volume untuk menerima beban, sehingga nilai tegangan saat yield yang terjadi mengalami penurunan. Dari data di atas, dapat disimpulkan bahwa dengan meningkatnya ketebalan helm maka nilai tegangan yield yang terjadi helm akan mengalami penurunan, sehingga pada setiap ketebalan helm memiliki nilai tegangan maksimal di bawah dari nilai tegangan ijin material.

4.3 ANALISA DAN DATA PENGUJIAN PENYERAPAN KEJUT

4.3.1 Tegangan pada sungkup helm open face



Gambar 4.9 Tegangan yang terjadi pada sungkup

Grafik di atas menunjukkan tren penurunan tegangan yang terjadi pada sungkup helm, apabila ketebalan helm ditingkatkan.

Dari grafik di atas dapat diketahui bahwa dengan meningkatnya ketebalan helm, tegangan yang terjadi pada sungkup helm mengalami penurunan. Helm dengan ketebalan 4 mm, 6 mm dan 8 mm menerima tegangan maksimal berturut-turut sebesar 213,11 Mpa, 139,14 Mpa dan 15,439 Mpa. Dari data di atas dapat diketahui bahwa dengan meningkatnya ketebalan helm, tegangan maksimal yang terjadi pada sungkup akan mengalami penurunan, sehingga helm dengan ketebalan 4 mm dan 6 mm mengalami kegagalan karena memiliki nilai tegangan yang lebih dari tegangan ijin material dan untuk 8 mm memiliki nilai tegangan di bawah tegangan ijin material.

Tegangan maksimal pada simulasi untuk helm dengan tebal 4 mm terjadi pada sisi helm dan untuk ketebalan 6 mm dan 8 mm terjadi pada daerah kontak antara helm dengan landasan.

4.3.2 Deformasi pada sungkup helm open face

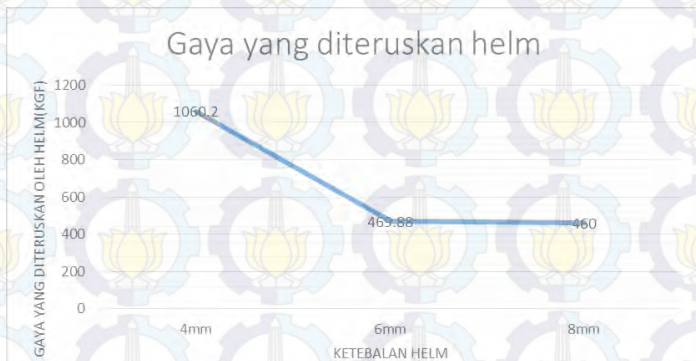


Gambar 4.10 Deformasi yang terjadi pada sungkup

Dengan kecepatan helm yang sama dan berat helm berbeda, akan dihasilkan energi awal yang berbeda pada setiap ketebalan helm.

Namun deformasi mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya ketebalan dan nilai untuk deformasi ketebalan 4 mm, 6 mm dan 8 mm adalah 4,0087 mm, 4,75 mm dan 7,9612 mm. Dengan setiap penambahan ketebalan pada helm energi awal akan semakin meningkat, hal ini yang membuat nilai deformasi pada setiap ketebalan akan meningkat. Disimpulkan bahwa dengan adanya peningkatan ketebalan helm maka nilai deformasi pada helm akan mengalami peningkatan. Untuk deformasi maksimal pada simulasi terjadi pada sisi helm yang berubah bentuk dari bentuk awal.

4.3.3 Gaya yang diteruskan oleh helm open face

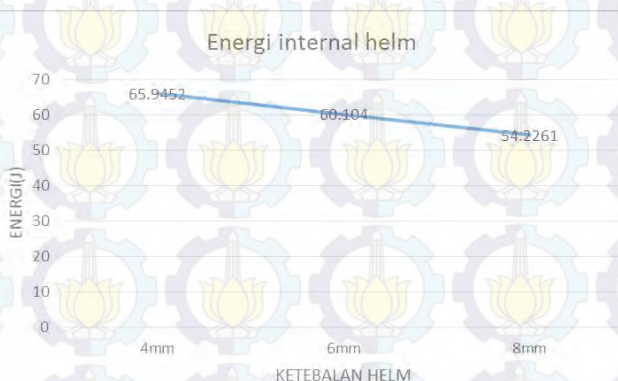


Gambar 4.11 Gaya yang diteruskan oleh helm

Grafik di atas menunjukkan tren penurunan gaya impact yang mampu di serap, apabila ketebalan helm ditingkatkan.

Dari grafik di atas dapat diketahui bahwa dengan meningkatnya ketebalan, gaya impact yang mampu diterima mengalami penurunan. Helm dengan ketebalan 4 mm, 6 mm dan 8 mm mampu menerima gaya impact berturut-turut sebesar 1060,2 Kgf, 469,88 Kgf dan 460 Kgf. Dari data di atas dapat diketahui bahwa dengan meningkatnya ketebalan helm, gaya yang di teruskan oleh helm akan mengalami penurunan. Sehingga helm dengan ketebalan 8 mm di anggap aman, karena memiliki nilai tegangan di bawah nilai tegangan ijin material dan mempunyai nilai gaya yang di teruskan oleh helm sebesar 460 kgf.

4.3.4 Energi internal pada helm open face

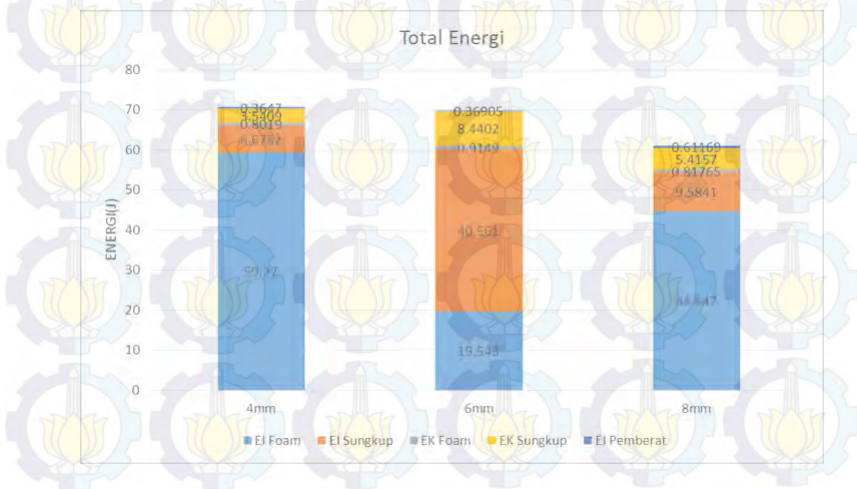


Gambar 4.12 Grafik penurunan energi internal pada helm open face

Pada gambar diatas dapat diketahui bahwa energi internal yang diterima oleh helm tren grafik berbanding lurus dengan gaya yang di teruskan oleh helm. Pada grafik energi internal yang diterima oleh helm menunjukkan tren penurunan seiring dengan bertambahnya ketebalan.

Pada gambar diatas menunjukkan bahwa dengan bertambahnya ketebalan, energi internal helm juga mengalami penurunan. Pada helm dengan ketebalan 4 mm memiliki energi internal sebesar 62,971 joule, pada helm ketebalan 6 mm energi internal sebesar 61,806 joule dan helm dengan ketebalan 8mm memiliki energi internal sebesar 56,6283 joule.

4.3.5 Penyerapan energi pemberat dan berat helm oleh helm open face

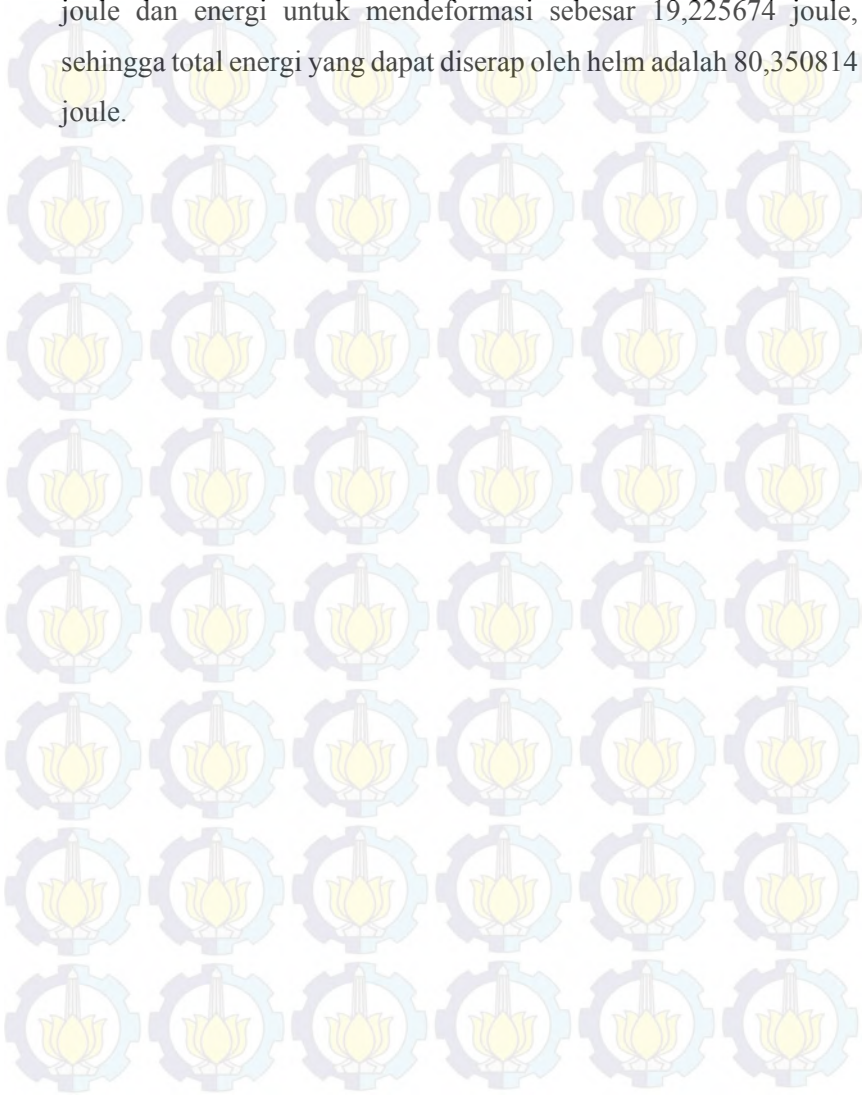


Gambar 4.13 Total energi pada penyerapan kejut

Besar energi internal dan energi kinetik yang ada pada helm merupakan energi yang mampu diserap oleh helm. Jumlah kedua energi ini merupakan energi total yang dapat diterima oleh helm open face. Gambar diatas akan menunjukkan seberapa besar kemampuan helm open face dalam menyerap energi kinetik pemberat di setiap ketebalannya.

Gambar diatas menunjukan bahwa helm dengan ketebalan 4 mm memiliki energi awal sebesar 77,494 joule dan di serap oleh helm dalam bentuk energi kinetik helm sebesar 3,5409 joule, energi kinetik foam 0,80195 joule, energi internal helm sebesar 6,6752 joule, energi internal foam sebesar 59,27 joule dan energi internal pemberat sebesar 0,3647 joule, sehingga total energi yang di serap adalah 70,6527 joule. Untuk helm dengan ketebalan 6 mm memiliki energi awal sebesar 79,114 joule dan di serap oleh helm dalam bentuk energi kinetik helm sebesar 8,4402 joule, energi kinetik foam sebesar 0,91491 joule, energi internal helm sebesar 40,561 joule, energi internal foam sebesar 19,543 joule dan energi internal pemberat sebesar 0,36905 joule, sehingga energi yang dapat di serap oleh helm adalah 69,82815 joule. Helm dengan ketebalan 8 mm memiliki energi awal sebesar 80,734 joule dan di serap oleh helm dalam bentuk energi kinetik helm sebesar 5,4157 joule, energi kinetik foam sebesar 0,81765 joule, energi internal helm 9,5841 joule, energi internal

foam sebesar 44,642 joule, energi internal pemberat sebesar 0,61169 joule dan energi untuk mendeformasi sebesar 19,225674 joule, sehingga total energi yang dapat diserap oleh helm adalah 80,350814 joule.



BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang di lakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Energi kinetic dari paku pemukul yang mampu ditransfer menjadi energi kinetic, energi internal dan energi panas pada helm open face adalah helm 4 mm sebesar 44,5 joule, helm 6 mm sebesar 44,05 joule dan helm 8 mm sebesar 44,99 joule.
2. Nilai deformasi untuk pengujian penetrasi pada helm open face berdasarkan ketebalan 4 mm, 6 mm dan 8 mm adalah $9,071 \times 10^{-3}$ mm, $3,21 \times 10^{-3}$ mm dan $8,8828 \times 10^{-4}$ mm.
3. Nilai tegangan untuk pengujian penetrasi pada helm open face mengalami penurunan dengan adanya peningkatan ketebalan helm. Helm dengan ketebalan 4 mm sampai 8 mm berada dibawah tegangan maksimal material sehingga aman digunakan.
4. Energi kinetic dari pemberat dan berat helm yang mampu di transfer menjadi energi kinetic dan energi internal pada helm open face adalag helm 4 mm sebesar 70,6528 joule, helm 6 mm sebesar 69,82816 joule dan helm 8 mm sebesar 80,350814 joule.
5. Nilai tegangan untuk pengujian penyerapan kejut pada helm open face berdasarkan ketebalan 4 mm, 6 mm dan 8 mm adalah 213,11 Mpa, 139,14 Mpa dan 15,439. Sehingga helm dengan ketebalan 8 mm memiliki nilai tegangan yang di bawah dari tegangan ijin material.
6. Gaya yang di teruskan oleh helm untuk pengujian penyerapan kejut dengan ketebalan 4 mm sebesar 1060,2 Kgf, ketebalan 6 mm sebesar 469,88 Kgf dan 8 mm sebesar 460,39 Kgf.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian ini adalah :

1. Dilakukan pengujian eksperimen sebagai pembanding hasil simulasi.
2. Pada helm dengan material epoxy-HGM dilapisi oleh material lain yang dapat menahan benda runcing.
3. Di lakukan pemahaman rumus untuk menghitung angka yang di keluarkan dalam software finite element.

DAFTAR PUSTAKA

1. <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/25576/5/Chapter%20I.pdf>
2. **Fachmi Yuni Arista**, " Pengaruh Variasi Fraksi Volume dan temperature *curing* Terhadap Karakteristik Tekan Komposit Epoxy Partikel *Hollow Glass Microspheres*", Surabaya 2014
3. **Rahmat Kartolo Simanjuntak**, "ENERGI IMPAKHELMET SEPEDA MOTOR YANG DIKENAI BEBAN JATUH BEBAS, " Sumatera Utara
4. **Syam B**, " Perilaku Mekanik Material Keramik Teknik Terhadap Beban impak", Medan 1996
5. **Batu Mahadi Siregar**, " Modifikasi Metode Pengujian Kekuatan Helmet Industri Akibat Beban Impak Kecepatan Tinggi", Sumatera Utara
6. **Ahmad Nayan**, "Penyelidikan Prilaku Mekanik Helm Industri Akibat Beban Impak Kecepatan Tinggi", Sumatera Utara
7. www.engineeringcivil.com
8. www.epoxyworktops.com/index.html (23 April 2014)
9. www.multimedia.3m.com (07 April 2014)
10. **WIDYANSYAH RITONGA**, 2014 PENGARUH VARIASI FRAKSI VOLUME, TEMPERATUR CURING DAN POST-CURING TERHADAP KARAKTERISTIK TEKAN KOMPOSIT *EPOXY - HOLLOW GLASS MICROSPHERES* IM30K
11. Standart Nasional Indonesia 1811, 2007, Indonesia
12. Standart Nasional Indonesia 1811, 2007, Indonesia
13. Standart Nasional Indonesia 1811, 2007, Indonesia
14. Standart Nasional Indonesia 1811, 2007, Indonesia



BIODATA PENULIS



Penulis yang memiliki nama lengkap Mohamad Galang Perkasa ini lahir di kota Surabaya pada tanggal 28 Januari 1992. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Dia dilahirkan dan dibesarkan oleh Ir. Nasri Dawo dan Endang Purnomowati. Penulis mulai menuntut ilmu di SDN Penjaringan Sari II (1998-2004), selanjutnya ke SMPN 12 Surabaya (2004-2007), meneruskan studi ke SMAN 9 Surabaya (2007-2010), hingga pada akhirnya melanjutkan studinya di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2010 dan mengambil Jurusan Teknik Mesin-FTI ITS. Di Jurusan Teknik Mesin penulis memilih Bidang Studi Metalurgi karena ketertarikannya pada bidang ini.

Dalam bidang non-akademik, penulis aktif dalam kegiatan kemahasiswaan dan organisasi yang ada di Jurusan Teknik Mesin ITS. Hal ini ditunjukkan dengan aktif dalam berbagai kegiatan di Himpunan Mahasiswa Mesin periode 2011-2012 sebagai staff Badan Semi Otonom, kemudian menjabat sebagai Kepala Departement Umum Himpunan Mahasiswa Mesin periode 2012-2013. Organisasi ini merupakan wadah yang tepat dalam mengembangkan softskill dalam berorganisasi dan bersosialisasi.

Cita-cita terbesarnya adalah membahagiakan kedua orang tuanya dan membangun bangsa Indonesia menjadi lebih baik